Aus der Orthopädischen Klinik
der Universität Düsseldorf
Direktor: Professor Dr. med. K.-P. Schulitz

Studie über die patellofemorale Kongruenz bei verschiedenen Funktionsgraden (30°, 60°, 90°, 120°)

Dissertation
zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin
Der Medizinischen Fakultät der Universität Düsseldorf
vorgelegt von

Mechthild Daguhn

- 1982 -

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41536502_0058

Aus der Orthopädischen Klinik
der Universität Düsseldorf
Direktor: Professor Dr. med. K.-P. Schulitz

Studie über die patellofemorale Kongruenz bei verschiedenen Funktionsgraden (30°, 60°, 90°, 120°)

Dissertation
zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin
Der Medizinischen Fakultät der Universität Düsseldorf
vorgelegt von

Mechthild Daguhn

- 1982 -

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Universität Düsseldorf

Der Dekan
der Medizinischen Fakultät
der Universität Düsseldorf

gez.: Prof. Dr. med. Brüster

Referent

gez.: Prof. Dr. med. K.P. Schulitz

Korreferent

gez.: Priv.-Doz. Dr. med. Nier

LEBENSLAUF

Am 25.6.1950 wurde ich als Tochter des Heinrich Wessels und seiner Ehefrau Anna geb. Rawe in Meppen geboren.

1957 - 1961 Besuch der Volksschule in Apeldorn.

1961 - 1968 Erwerb der Oberstufenreife im Mädchengymnasium in Meppen.

1968 - 1971 Ausbildung zur Krankenschwester in den Krankenanstalten der Universität Düsseldorf.

1969 Eheschließung mit Herrn Wilhelm Daguhn.

1971 - 1973 Tätigkeit als Krankenschwester in der Hautambulanz der Universitätsklinik Düsseldorf.

1973 - 1975 Erwerb des Abiturs im Friedrich-Spee-Kolleg in Neuss.

1976 - 1977 Studium der Philosophie an der Universität Düsseldorf. Gasthörer in Physik an der Universität zu Köln.

1977 Beginn des Studiums der Medizin an der Universität Düsseldorf. Zur Zeit befinde ich mich im Praktischen Jahr im Lukaskrankenhaus Neuss.

Düsseldorf, 14.11.1982

Gerhild Daguhn

VERSICHERUNG

Ich versichere, daß ich die Dissertation einschließlich beigefügter Zeichnungen, Tabellen und Darstellungen selbständig angefertigt und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe. Alle Stellen, die dem Wortlaut oder dem Sinne nach anderen Werken entnommen sind, habe ich in jedem einzelnen Fall unter Angabe der Quelle als Entlehnung kenntlich gemacht.

Mechthild Oglesby

Einführung

I. Problemstellung

Die "Chondromalacia patellae" ist ein Krankheitsbild, dessen Pathogenese auch heute noch nicht einheitlich beurteilt wird.

Anhand von Autopsien fand man, daß etwa 80 % der Bevölkerung jenseits des 30-igsten Lebensjahres eine Chondromalacie aufwiesen (29).

Die pathologischen Veränderungen des Knorpels konnten experimentell sowohl durch Herstellen eines konstanten Nichtkontaktes (23) zwischen den Gelenkflächen als auch durch abnorm hohen Druck (30,3) im Femoropatellargelenk erzeugt werden.

Entscheidend für die Druckverteilung im Kniegelenk ist die Kontaktzone zwischen Femurcondylen und Patellarfacetten. Eine kleinflächige Kongruenz hat eine Erhöhung des patello-femoralen Druckes pro cm^2 zur Folge. Bandi (1) errechnete Druckwerte bei 90° Flexion zwischen 300 - 500 kp.

Goodfellow, Hungerford und Zindel (18) stellten mittels der sogenannten "dye technique", ähnlich der von Greenwald 1970 (18) beschriebenen, die Kongruenz im Femoropatellargelenk in vier verschiedenen Funktionsgraden dar. Die Untersuchung fand an Kniegelenken statt, die vom Band-Kapsel-Apparat frei präpariert waren; mit Ausnahme der Seiten- und Kreuzbänder sowie der Quadrizepssehne.
In der Versuchsanordnung wurde der Zug des Muskulus quadriceps durch ein definiertes Gewicht simuliert.

Das Problem der vorliegenden Arbeit lag nun darin, die femoro-patellare Kongruenz am möglichst intakten Kniegelenk darzustellen, d.h. ohne den Band-Kapsel-Apparat und die Kraftkomponenten des Muskulus quadriceps zu verändern.

Die so erhaltenen Ergebnisse wurden hinsichtlich ihrer Signifikanz bezüglich der Chondromalacie überprüft und neben anderen

für die Gelenkmechanik wichtigen Daten wie z.B. Patellaform, Condylenöffnungswinkel etc. in Beziehung gesetzt.

II. Gang der Untersuchung

Die Arbeit gliedert sich in drei Hauptteile, wobei der erste die theoretische Grundlegung bezüglich Anatomie und Funktion der Patella sowie schwerpunktmäßig die wichtigsten Fakten des Krankheitsbildes "Chondromalacia patellae" beinhaltet. Desweiteren wird kurz auf die Kongruenz im femoro-patellar Gelenk eingegangen.

Im zweiten Teil sollen zunächst Material und Methode zur Kongruenzbestimmung beschrieben werden.
Dem schließt sich in geschlossener Darstellung die Vorgehensweise bei Erhebung der Untersuchungen an der Patella - wie Knorpelzustand, retropatellarer Kontakt, Patellaformen,- index und -tiefenindex - sowie Beurteilung des patellaren Gleitlagers und die Methode zur Bestimmung des Gleitweges an.

Im letzten Teil werden dann die so herausgearbeiteten Ergebnisse aufgeführt, zueinander in Beziehung gesetzt, verglichen und diskutiert.

Erster Teil

Theoretische Grundlegung

I. Anatomie und Funktion der Patella

Die artikulierenden Körper des Kniegelenkes sind die Femurcondylen, der Tibiakopf und die Patella, wobei die Patella als aktiv bewegliches "Sesambein" in die Sehne des Muskulus quadriceps femoris eingebettet liegt. Sie ist ein abgeplatteter dreieckiger Knochen, der nach kranial abgerundet ist und nach caudal in die Apex patellae ausläuft.

Im Gegensatz zur rauhen, der Insertion von Sehnenfasern dienenden Vorderfläche, ist die Hinterseite als Gelenkanteil knorpelig überzogen. Die retropatellare Fläche wird durch eine annähernd kranio-caudal verlaufende "Crista patellae" in eine meist größere laterale und kleinere mediale Facette geteilt. Die laterale Facette weist überwiegend eine konkave Krümmung auf, dagegen zeigt die mediale Facette die von Wiberg (35) und Baumgartl (3) beschriebenen unterschiedlichen Formen. (s. Abb. 1)

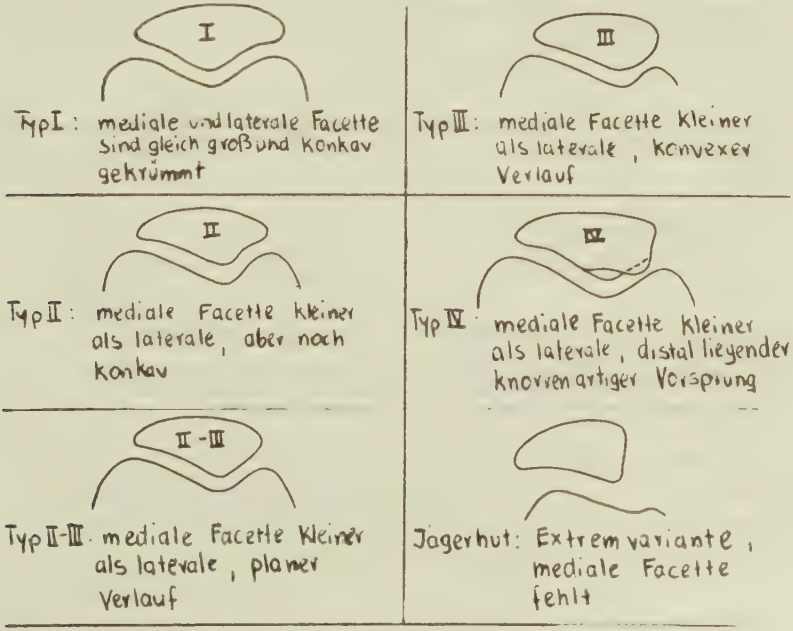


Abb. 1: Formen der Patella nach Wiberg / Baumgartl

Das Gleitlager der Kniescheibe wird durch die Trochlea des Femurs gebildet; es hat einen lateralen breitflächigen Anteil ohne proximalen Randwulst und einen dreieckigen, kleineren medialen Anteil, der eine scharfe knorpelige Kante (Übergang Knorpel-Knochengrenze) am proximalen Ende aufweist. Beide Flächen werden gegen die Condylen durch die Lineae condylopatellaris med. et lat. abgegrenzt. (s. Abb. 2)

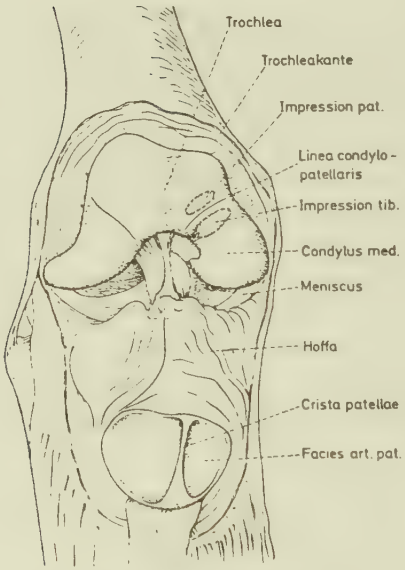


Abb. 2: Kniegelenk mit aufgeklapptem Femoropatellargelenk
(Nach Henche, R., Abrasio patellae (Indikation, Technik, Ergebnisse), in: Hefte zur Unfallheilkunde 127, Berlin, Heidelberg, New York 1976, S. 156)

Die Gleitbahn, innerhalb der die Patella bei Beugung und Streckbewegungen einen Weg von 5 - 7 cm zurücklegt, ist ein konvexer Bogen mit einem nach lateral offenen Winkel. Die Kniescheibe

wird in ihrer Bahn geführt durch:

a) die Fossa intercondylaris als passives Element,
b) das System der Quadricepssehne und des Ligamatum patellae (sagittal gerichtete Kräfte),
c) die Retinacula patellae, verstärkt durch Ausstrahlung aus den Faszien der Musculi vastus lateralis et medialis (Kräfte in der Frontalebene (1).

Der bei zunehmender Beugung entstehende Druck im femoro-patellaren Gelenk wird als das Mehrfache des Körpergewichts angegeben. Nach Berechnungen Fürmaiers (1953) steigt der Druck zwischen Tibia und Femur bei Fehlen der Patella in Form einer Funktion des Beugungsgrades. Bei 90° Kniebeugung im Einbeinstand beträgt der Auflagedruck im Tibiofemoralgelenk 7,1 mal Körpergewicht, bei Fehlen der Patella ist das Produkt 12,4 mal Körpergewicht (12).

Hieraus ergibt sich die biomechanische Bedeutung der Patella, die bei zunehmender Beugung des Kniegelenkes im Abheben der Quadricepssehne von den Femurcondylen und damit in einer Verbreiterung der Druckübertragung auf die Femurrollen liegt. Durch die Verlängerung des virtuellen Hebelarms vermindert sie die mechanische Beanspruchung des Tibiofemoralgelenkes und darüber hinaus steigert sie die Kraft des Streckmuskels (s.Abb.3)(3,1,15).

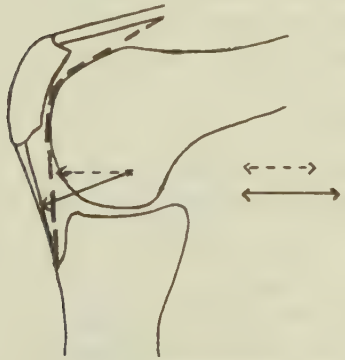


Abb.3: Mechanische Funktion der Patella. Hebelarmlänge des Streckapparates mit ⟶ und ohne ⇢ Patella.

(Nach Bandi, W.: Die retropatellaren Kniegelenkschäden, Pathomechanik und Pathologische Anatomie, Klinik und Therapie, Bern 1977, S. 19)

II. Das Krankheitsbild der Chondromalacia patellae

1. Begriffsbestimmung

Büdinger (7) berichtet in seiner Arbeit von 1918 über 15 Fälle mit Knorpelläsionen der Patellarückseite.

Läwen (1925) und Fründ (1926), die den Zustand der Knorpeloberfläche in Stadien einteilten, führten den Begriff der "Chondropathia patellae" ein. Neben dieser Bezeichnung des Krankheitsbildes besteht, der bei Koenig (1924), Øwre (1936) und anderen, erschienene Terminus der "Chondromalacia patellae" (15). Dieser Begriff soll im folgenden als C.p. abgekürzt beibehalten werden, nicht zuletzt deshalb, weil er im internationalen Schrifttum am gebräuchlichsten ist.

2. Morphologie und Ätiologie

Das morphologisch recht einheitliche Bild der C.p. wird meist in die erstmals von Fründ vorgenommene Einteilung in drei Schweregrade unterschieden (17).

Grad 1.: Der Gelenkknorpel erscheint an umschriebener Stelle aufgequollen und zeigt eine gelbliche bis leicht bräunliche Verfärbung unter Verlust seiner sonst glänzenden weißlichen Farbe. Bei Betasten des Knorpels mit einer Sonde ist ein deutlicher Elastizitätsverlust zu verzeichnen.

Grad 2.: Der Knorpel weist senkrecht oder schräg zur Oberfläche verlaufende Fissuren auf, mehr oder weniger lamellär aufgeteilt. Die Risse und Spalten reichen noch nicht bis auf den subchondralen Knochen.

Grad 3.: Die Fissuren reichen in die subchondralen Zonen mit Freilegen des Knochens in kleineren und größeren Bezirken. In diesem Stadium lösen abgeschilferte Knorpelpartikel eine hypertrophe aseptische Synovitis aus, die das pathogenetische Bindeglied zur retropatellaren Arthrose darstellt (29,2).

So einheitlich sich das morphologische Bild der C.p. darstellt, so vielfältig sind die ätiologischen Faktoren.

Der Gedanke des ausschließlich oder zumindestens überwiegend auf ein Trauma zurückzuführenden Knorpelschadens wurde nach Wiberg's Veröffentlichung (35) über die pathogenetisch bedeutsamen Zusammenhänge zwischen Formvarianten der Kniescheibe und C.p. mehr und mehr verlassen.
Wiberg fand bei gering kontaktierender Fläche der medialen Facette an eben dieser Stelle beginnende chondromalazische Veränderungen. Er zog daraus den Schluß, daß besonders hohe Druckbelastungen, wie sie gehäuft bei konvexer, medialer Facette (Typ III) resultierten, für die degenerativen Knorpelveränderungen verantwortlich seien.

Biomechanische Untersuchungen Fürmaiers und Maquet's untermauerten diese Feststellungen (28).

Auch andere Autoren hielten abnorm hohe Druckwerte für die Entstehung einer C.p. verantwortlich.

Baumgartl (3) faßt das Wesen der Erkrankung zusammen als eine kontinuierliche Überlastung des Knorpels, die zur Druckschädigung mit nachfolgender Nekrose und reparativen Vorgängen in den subchondralen Bezirken führt, wobei anatomische Gesetzmäßigkeiten (Wiberg-Typ II/III, III, Flachpatella, Hypoplasie der Oberschenkelrolle etc.) und Kraftverteilung während der Funktion eine entscheidende Rolle spielen.

Ausgehend von der Arbeit Harrison's et al (24), die am Hüftgelenk an besonders unbelasteten Gelenkabschnitten Fibrillation und Knorpelerweichungen fanden, wurde die Interdependenz chondromalazischer Veränderungen und Drucküberlastung erstmals bezweifelt.

Die Beobachtungen Goodfellow's und Bullough's (19) am Ellenbogengelenk ebenso wie experimentelle Immobilisationsversuche (27,8,30) bestätigten, daß auch ein "Zu wenig" an Beanspruchung eine C.p. auslösen kann.

Ficat, P. et al (14) vereinigten beide Theorien, indem sie für die laterale Facette einen relativen Überdruck, bedingt durch Überwiegen der nach außen ziehenden Kraft des Muskulus vastus lat., und für die mediale Facette einen relativen Unterdruck annahmen.

Die Hyperpression kann zur direkten Schädigung der Chondrozyten mit nachfolgender Minderung der Gelenktrophik führen, während die Hypopression eine mangelhafte Knorpeldurchwalkung mit der Folge einer Ernährungsstörung und anschließender Degeneration bewirkt (1,29,8).

Die Störungen des "alignements" (Ficat) oder Patellagleichgewichts können durch zahlreiche primäre oder sekundäre anatomische Besonderheiten bedingt sein (15,11,16).

- Dysplasien der Patella (Wiberg/Baumgartl-Typ III, IV, Jägerhut, Patella parva, partita)
- Patella alta
- Sklerose des Retinaculum patellae lat. bei länger bestehendem genu valgum (Ficat)
- großer Condylenöffnungswinkel (Brattström)
- Drehfehlstellung des distalen Femurrandes
- Insuffizienz des Muskulus vastus med. bei kongenital hohem Ansatz oder Atrophie
- schlaffes mediales Retinakulum.

Weiter ist die "malposition externe de la rotule" (Ficat), auch Lateralverschiebung der Patella oder rezidivierende Subluxatio patellae zu erwähnen, die überwiegend bei Mädchen oder jungen Frauen auftritt, wobei stärkere Valgität und Tendenz zur Bandschlaffheit zusammenwirken (11).

Neben den erwähnten Störungen des Hyalinen Gelenkknorpels spielen Traumen mit ihren Folgeerscheinungen etwa einem Haemarthros sowie endokrine und enzymatische Schädigungen eine, wenn auch geringere,

aber nicht unerhebliche Rolle. Hier steht eine gestörte Knorpelregeneration im Vordergrund, wobei Entzündungszustände der Synovia eine vermehrte Enzymfreisetzung induzieren mit der Folge eines Abbaus von Grundsubstanz und Zerstörung der Fibrillen durch Kollagenasen (29,1).

3. Klinische Symptomatik

Die Klinik der C.p. ist durch schmerzhafte Zustände des patellofemoralen Gelenkmechanismus gekennzeichnet.

Ficat (1970) faßte die direkten und indirekten Symptome als "Patellarsyndrom" zusammen, wobei die einzelnen Merkmale in ihrer Gesamtheit selten auftreten (2).

Es lassen sich abgrenzen:

a) Spontanschmerz: Er ist in der Tiefe des Kniegelenks lokalisiert; nicht selten wird er in die mediale Gelenkspalte projiziert und kann dann einen Meniskusschaden vortäuschen.

b) Provozierter Schmerz: Dieser kann durch Palpation, Perkussion und Verschieben der Patella ausgelöst werden. Hierzu gehört das Zohlen'sche Zeichen - Schmerzauslösung durch Druck auf die Patella nach kaudal und dorsal am liegenden Patienten bei gleichzeitig aktivem Abheben des gestreckten Beines - und das Zeichen nach Fründ - Schmerz durch Perkussion der Patella bei gebeugtem Kniegelenk.

c) Hyperpressionsschmerz (2,10): Da der patello-femorale Auflagedruck bei zunehmendem Beinwinkel ansteigt (Bandi), klagen die Patienten zu Anfang über Knieschmerzen beim Berg- und Treppensteigen. Langdauernde Beugehaltungen im Sitzen oder beim Aufstehen aus tiefer Kniebeuge, mit Verlagerung des Oberkörpers nach dorsal, führen zur gleichen Schmerzsymptomatik.

Komplettiert wird das Beschwerdebild durch gelegentliches Anschwellen des Knies oder durch plötzliches, unkontrolliertes Nachgeben

(Givingway) im Gelenk sowie durch ein retropatellares Reiben oder Knirschen (Krepitation).

4. Bemerkungen zur Kongruenz

Aufgrund der anatomischen Gegebenheiten ist die Kongruenz im Kniegelenk nicht als ideal anzusehen. Sie variiert u.a. in Abhängigkeit von Patellaformen (Wiberg), Öffnungswinkel der Condylen (Brattström) und nicht zuletzt von den an der Patella ansetzenden Fasern des Musculus quadriceps (Kiesselbach)

So verwies Wiberg (35) besonders auf die von ihm gefundene kleinflächige Kontaktzone der medialen Facette mit genau an dieser Stelle auftretenden Knorpelschäden.

Ficat et al (15) unterziehen den von Wiberg gefundenen geometrischen Beziehungen im femoro-patellar Gelenk einer kritischen Würdigung. Sie weisen z.B. auf Probleme hin, die Wibergs Versuchsanordnung beinhaltete, und zwar konnte er erstens nur einen Funktionsgrad pro Gelenk darstellen und zweitens wurde die Zugkraft des Musculus quadrizeps nicht berücksichtigt.
Um die daraus resultierenden Fehler zu vermeiden, wählten Ficat et al zur Bestimmung der Kongruenz die Methode von Goodfellow et al (18), (siehe näheres unter Einführung Punkt I Problemstellung).

Auf die Resultate über das Kongruenzverhalten der Patella und die daraus gewonnenen Erkenntnisse soll an dieser Stelle nicht näher eingegangen werden, da sie ausführlich in der Ergebnisdiskussion erörtert werden.

Zweiter Teil

Material und Methode

I. Material

Die Untersuchungen wurden an dreizehn Leichen, die am Pathologischen Institut der Universität Düsseldorf zur Sektion gelangten, durchgeführt. Das Alter der Verstorbenen reichte von 15-81 Jahren, wobei der Altersdurchschnitt bei 59 Jahren lag.

Insgesamt stellten wir an zwanzig Kniegelenken die Kongruenz der Patella in vier verschiedenen Funktionsgraden (30°,60°,90°,120°) dar.

Die Versuchsanordnung wurde so gewählt, daß sowohl eine seitliche Abstützung und Fixierung der unteren Extremitäten, eine nach Bedarf verstellbare Fußhöhe als auch eine genaue Einstellung der Beugegrade möglich war. (siehe Abb. 4)

Zur Darstellung des retropatellaren Kontaktes wurde ein dünnfließendes Präzisionsabformmaterial auf Silikonbasis verwandt, das nach Zugabe eines Aktivators innerhalb von 30 Minuten intraarticulärer Verweildauer zu einem gummielastischen Abdruck abband. Anschließend erfolgte die Entnahme der Kniegelenke - unterhalb der Tuberositas tibiae und oberhalb des distalen Viertels des Femurschaftes - für weitere Untersuchungen.

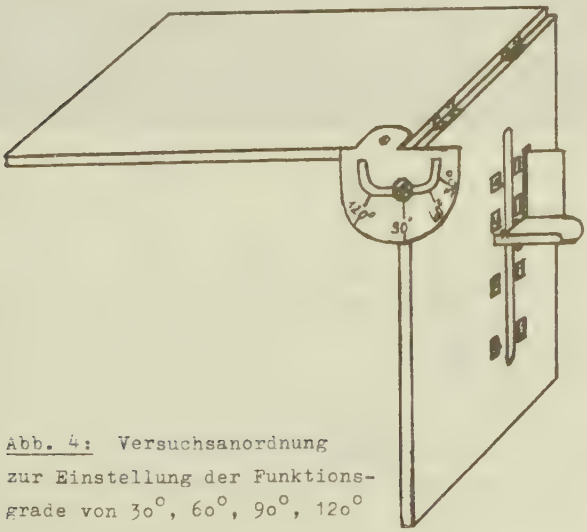


Abb. 4: Versuchsanordnung zur Einstellung der Funktionsgrade von 30°, 60°, 90°, 120°

II. Methode

1. Vorgehensweise bei der Darstellung der Kongruenz im femoro-patellaren Gelenk

Nach Brechen der Totenstarre wurde mittels eines anterio-medialen Hautschnitts das Ligamentum patellae dargestellt und durch einen etwa 3 cm langen, cranio-caudal verlaufenden Schnitt in das Ligamentum der retropatellare Raum eröffnet.

Nach Applikation des flüssigen Präzisionsabformmaterials wurde die Öffnung in der Patellarsehne durch Clips verschlossen. Es erfolgte nun die Winkeleinstellung von zunächst 30° (Neutral-Null-Methode nach H.U. Debrunner (9)).

Der nach einer halben Stunde entstandene gummielastische Abdruck konnte mittels einer Kornzange aus dem Kniegelenk herausgezogen werden. Es folgte die Darstellung der Kongruenz in den übrigen Funktionsgraden wie beschrieben. Die so gewonnenen Abdrücke wurden nummeriert und zur Auswertung aufgehoben.

2. Untersuchungen an der Patella

2.1 Beurteilung der Lokalisation und des Grades der C.p.

Die von Grueter (22) vorgenommene Unterteilung der Patellarückfläche in lateral drei und medial vier Teilfacetten, erleichterte uns die genaue Lokalisation der Knorpelschäden. (siehe Abb. 5)

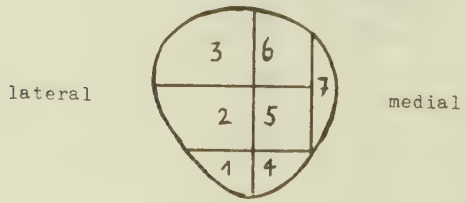


Abb. 5: Unterteilung der Patellafacetten nach Grueter.
(Grueter, H.: Untersuchungen zum Patellahinterwandschaden, in: Z. Orthop., Nr. 91, 1959, S. 486

[illegible] ... [illegible] ... [illegible] ... [

2.3 Retropatellare Kongruenz und Lokalisation der C.p.

Inwieweit die Lokalisation chondromalazischer Veränderungen des Patellaknorpels mit den retropatellaren Kontaktzonen bei den verschiedenen Beugegraden übereinstimmt, soll anhand der Präparate aufgezeigt werden, die eine C.p. Grad II und III aufweisen.

Die Kongruenzzonen in den einzelnen Funktionsgraden werden zu einer Gesamtkontaktfläche zusammengefaßt und mit der Lokalisation der C.p. verglichen.

Die Unterteilung der Patellarückseite erfolgt wie unter Punkt II. 2.1 beschrieben.

2.4 Röntgenologische Untersuchungen an der Patella

2.4.1 Klassifikation nach Wiberg-Baumgartl

Von allen Patellen wurden Röntgenaufnahmen im cranio-caudalen Strahlengang (Tangentialaufnahmen) angefertigt.

Anhand der Röntgenbilder erfolgte die Zuordnung zu den Typen 1-4 nach Wiberg und Baumgartl.

2.4.2 Patellaindex und -tiefenindex

Für die Bestimmung dieser Indices wählten wir die von Ficat und Bizou (13) beschriebene Methode. (siehe Abb. 7)

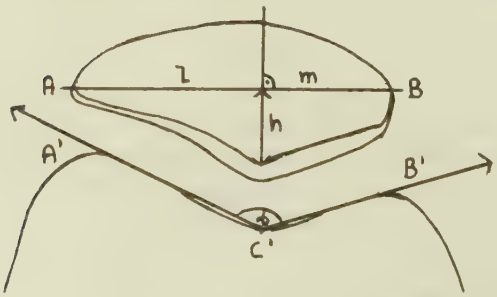


Abb. 7: Strecken zur Berechnung des Patellaindex und -tiefenindex nach Ficat und Bizou (13) sowie Winkel zur Bestimmung des Condylenöffnungswinkels (5).

Zur Berechnung des Patellaindex (PI) wird der Quotient aus lateraler und medialer Facette gebildet, mithin lautet die Formel: $PI = \frac{l}{m}$.

Die Werte für diesen Parameter schwanken zwischen 1 bis 3.

Der ebenfalls nach Ficat und Bizou ermittelte Patellatiefenindex (PTI) ergibt sich aus dem Quotienten der Strecke AB und der Höhe h, entsprechend der Formel: $PTI = \frac{AB}{h}$. Die Normwerte liegen im Bereich zwischen 3,6 bis 4,2.

3. Untersuchungen am Gleitlager

3.1 Lokalisation und Gradeinteilung der C.p.

Die Veränderungen des Knorpels am medialen und lateralen Anteil der Trochlea, der Gleitrinne und der Condylen wurden dokumentiert und nach Schweregrade eingeteilt.

3.2 Öffnungswinkel nach Brattström (5)

Der Öffnungswinkel wurde mit Hilfe eines Winkelmessers bestimmt. Hierbei liegt der Punkt C' an der tiefsten Stelle der Gleitrinne. Die Punkte A' und B' an den prominentesten Stellen des lateralen bzw. medialen Condylus. (siehe Abb. 7)
Die als Normbereich angegebenen Öffnungswinkel liegen zwischen 125 und 143 Grad.

3.3 Bestimmung des Gleitweges der Patella

Hierzu wurden die Kniegelenkspräparate durch zwei bewegliche, intramedullär eingeführte Metallstifte in eine Vorrichtung gebracht, die im Gelenk eine Beugung in den verschiedenen Funktionsgraden zuließ. (siehe Abb. 8)

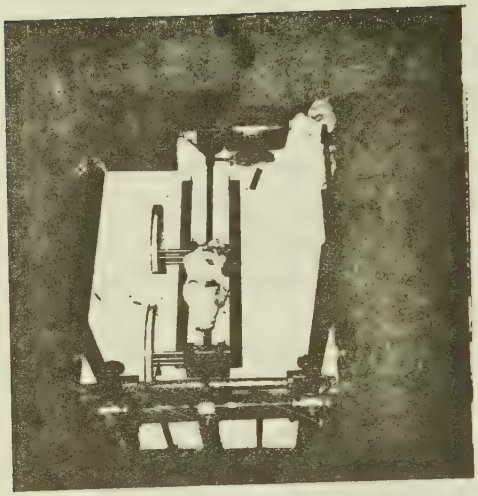


Abb. 8: Vorrichtung zur Einstellung der Beugegrade

Die entsprechenden Abdrücke wurden nach Einstellen der Funktionsgrade auf die Condylen placiert und die Position der Apex patellae markiert. (siehe Abb. 9

Abb. 9: Markierung der Apex patellae, z.B. bei 60°

Als Bezugspunkte wählten wir die obere Trochleakante und die Incisura intercondylcidea.

Dritter Teil

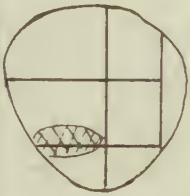
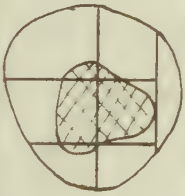
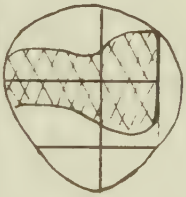
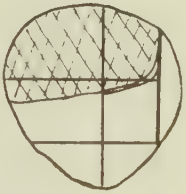
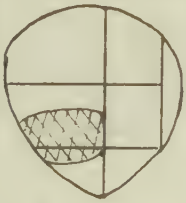
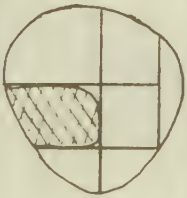
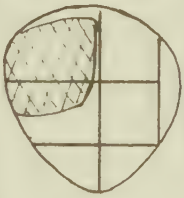
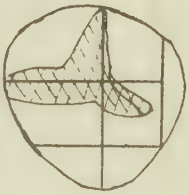
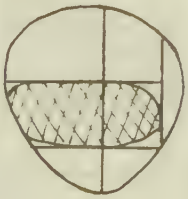
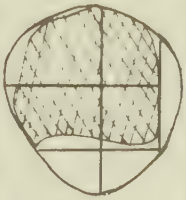
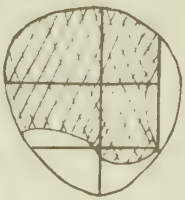
Ergebnisse und Ergebnisdiskussion

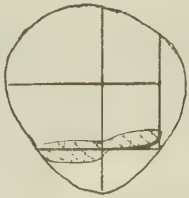
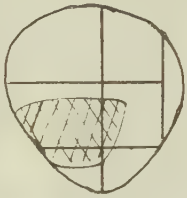
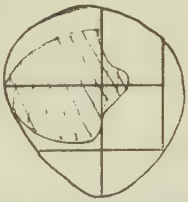
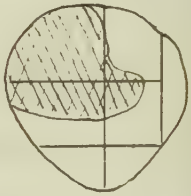
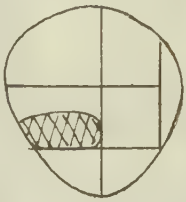
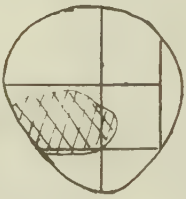
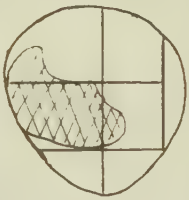
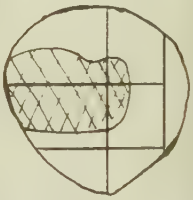
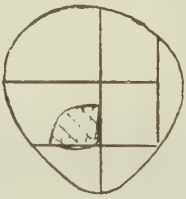
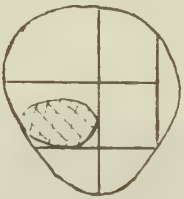
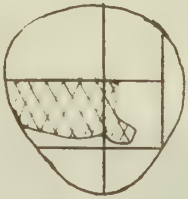
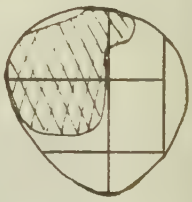
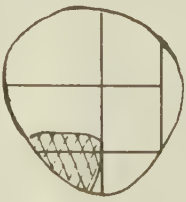
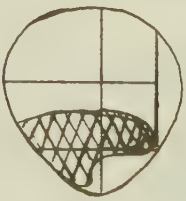
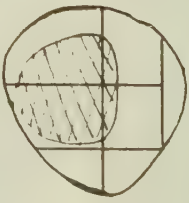
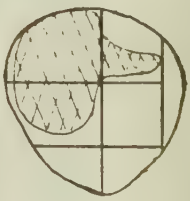
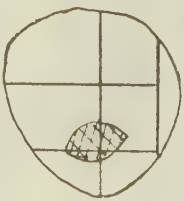
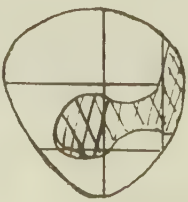
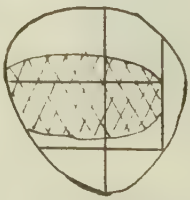
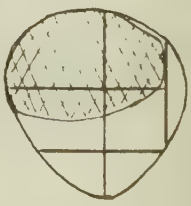
I. Ergebnisse

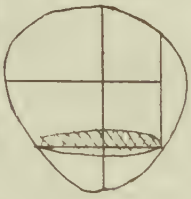
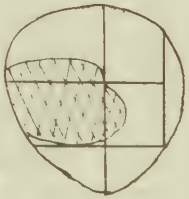
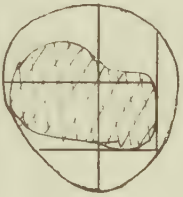
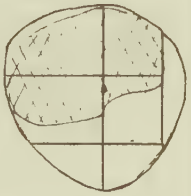
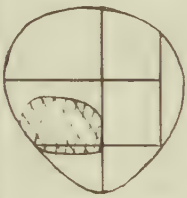
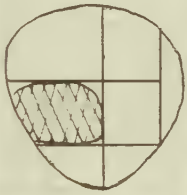
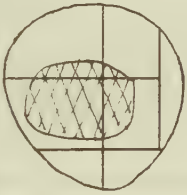
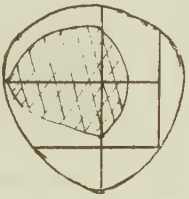
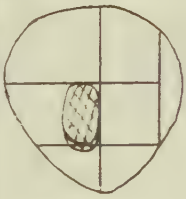
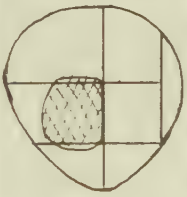
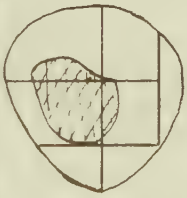
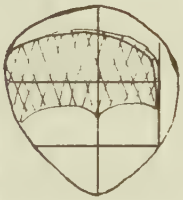
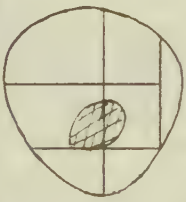
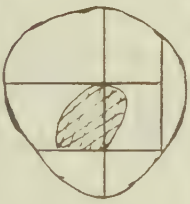
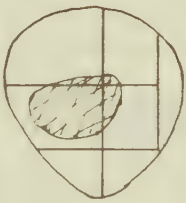
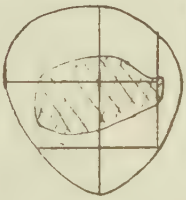
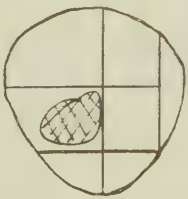
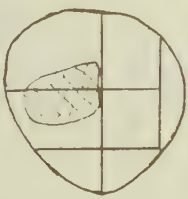
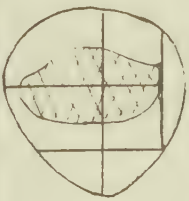
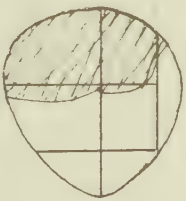
1. Kontaktzonen bei den verschiedenen Funktionsgraden

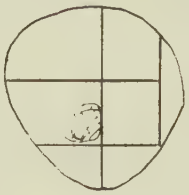
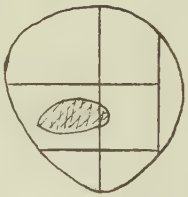
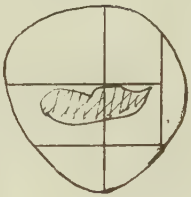
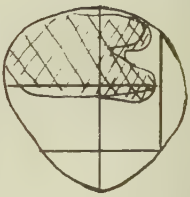
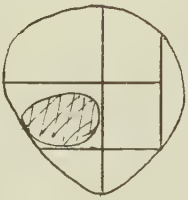
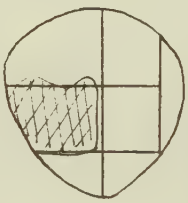
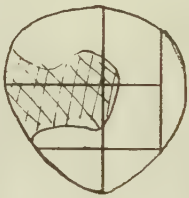
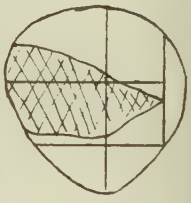
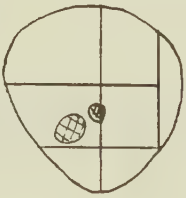
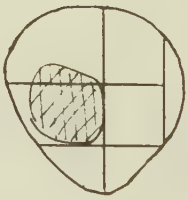
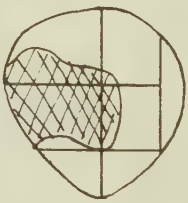
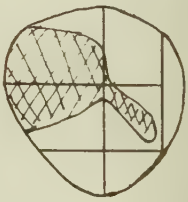
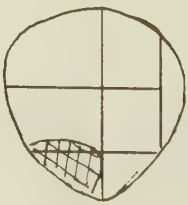
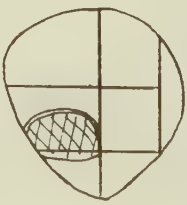
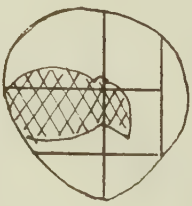
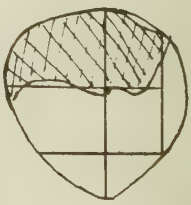
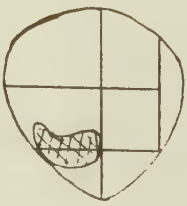
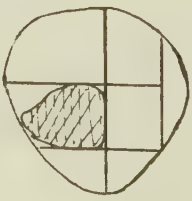
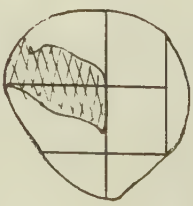
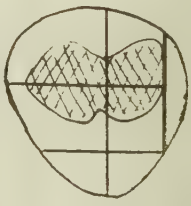
1.1 Lokalisation des retropatellaren Kontaktes

Die kongruenten Zonen wurden den sieben retropatellaren Feldern entsprechend der Grueter'schen Einteilung zugeordnet. Es ergaben sich folgende Lokalisationen:

Nr des Gelenks	Retropatellare Kongruenz in verschiedenen Funktionsgraden			
	30°	60°	90°	120°
1				
2				
3				

Nr	30°	60°	90°	120°
4				
5				
6				
7				
8				

Nr	30°	60°	90°	120°
9				
10				
11				
12				
13				

Nr.	30°	60°	90°	120°
14				
15				
16				
17				
18				

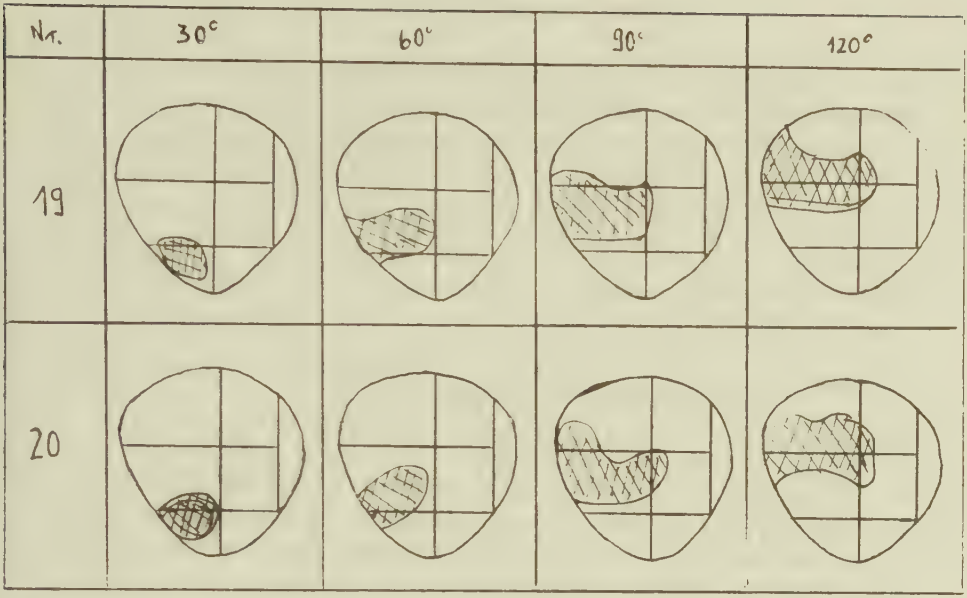


Abb. 10: Lokalisation der retropatellaren Kongruenz bei Funktionsgraden von 30°, 60°, 90° und 120°.

Bei 30° Beugung zeigte sich in 18 von 20 Gelenken eine mehr oder weniger ausgeprägte, meist in der unteren Hälfte des Feldes 2 lokalisierte Kontaktzone, wobei diese 9 mal in Feld 1 hineinreichte und in fünf Fällen über den First hinaus in Feld 5.

Die kontaktierenden Zonen bei 60° lagen auch noch überwiegend in Feld 2; entweder mehr in den oberen Bereichen desselben, geringfügig Feld 3 tangierend, oder auf das Feld 2 beschränkt, teilweise mit Ausfüllen der gesamten Fläche oder unter geringer Mitbeteiligung des Feldes 5.

Bei 90° Beugung fand der Kontakt nur noch in zwei Gelenken ausschließlich auf der lateralen Facette statt. In allen anderen Präparaten konnte eine Kontaktbeteiligung der medialen Facette hauptsächlich im Feld 5 mit Einbeziehung des Firstes nachgewiesen werden.

Bei 120° zeigte sich, daß auch bei diesem Funktionsgrad die kongruenten Zonen auf der lateralen Facette dominierten, jedoch in keinem Fall ohne Beteiligung der medialen Seite. In sieben Gelenken waren die Kontaktflächen auf beiden Facetten etwa gleich groß; überwiegend lokalisiert in dem oberen Bereich, d.h. in Feld 3 und 6.

Insgesamt gab es nur einmal eine Kongruenzbeteiligung des Feldes 7, und zwar bei 60°.

1.2 Größe der kongruenten Flächen in mm^2

Im Durchschnitt lag die retropatellare Gesamtfläche bei 1146 mm^2. Bei 30° Beugung betrug die Kongruenz im Mittel 93 mm^2 oder anders ausgedrück 7,9 % der gesamten Patellarückseite. In den folgenden Funktionsgraden ergab sich für 60° ein durchschnittlicher Flächenanteil von 23 %, bei 90° von 32 % und bei 120° von 40 %. (Streubreite siehe Tab. I)

Es fand sich keine signifikante Beziehung zwischen der Größe der kongruenten Flächen in den einzelnen Beugegraden und dem Grad der C.p.. Sowohl Kniescheiben mit schwersten Veränderungen als auch solche mit geringen, zeigten, in Relation zur Gesamtfläche, breite Kongruenzzonen. Insgesamt ergaben sich folgende Flächen, die der Tabelle I zu entnehmen sind.

2. Knorpelzustand der Patellarückseite und Zuordnung entsprechend der Feldereinteilung nach Grueter

Die Einteilung in die drei Chondromalaziegrade zeigte, daß die Kniescheiben gleichzeitig Veränderungen aller drei Grade aufweisen können. So sind Patellen, die unter Grad 3 subsumiert wurden, oft auch von Veränderungen Grad 1 und 2 betroffen. Patellen die dem Grad 2 zugeordnet wurden, können demnach auch Knorpelerkrankungen Grad 1 bzw. 0 zeigen.

Gelenk Nr.	Retropatellare Gesamtfläche in mm²	Fläche bei 30° in mm²		Fläche bei 60° in mm²		Fläche bei 90° in mm²		Fläche bei [illegible] in mm²	
		absolut	%	absolut	%	absolut	%	absolut	%
1	1282	91	7,1	238	18,5	476	37,1	395	30,8
2	1240	145	11,0	203	15,7	211	16,4	77	11,0
3	1223	160	13,0	475	38,3	585	47,8	84	17,1
4	1177	117	9,9	358	30,4	409	34,7	717	60,9
5	970	58	5,9	345	35,6	405	41,7	415	42,8
6	940	26	2,7	165	17,6	391	41,5	422	44,9
7	1208	141	11,6	460	38,0	576	47,6	602	49,
8	1258	85	6,7	427	33,9	744	59,1	664	52,7
9	1186	122	10,2	504	42,4	560	45,5	579	48,4
10	1375	124	8,9	337	24,5	562	40,9	532	38,7
11	1471	144	9,7	265	17,8	424	28,8	689	46,8
12	937	100	10,7	41	4,4	370	39,4	400	42,7
13	1044	90	8,5	204	19,4	284	27,0	390	37,1
14	944	48	5,0	90	9,4	201	21,3	354	37,7
15	930	101	10,8	182	19,5	244	26,2	387	41,6
16	997	48	4,8	210	21,0	300	30,0	317	31,7
17	1154	57	4,9	150	12,9	214	18,4	302	26,1
18	1273	75	5,8	211	16,6	246	19,3	262	20,5
19	1134	80	7,0	161	14,3	230	20,2	242	21,3
20	1108	78	7,0	138	12,4	159	14,3	194	17,5
Mittelwert $\bar{x}$		93,7	7,9	272	23,6	380	32,7	448	40,5
Streubreite absolut		26 - 160		30 - 504		159 - 744		194 - 717	

Tab. 1: Kongruente Fläche in mm^2 bei Beugung des Kniegelenks

Anteilmäßig ergab sich folgende Verteilung:

Anzahl der Patellae / Grad der C.p.	absolut	%
0	2	10
1	3	15
2	9	45
3	6	30
Gesamt	20	100

Tab. II: Zuordnung der Patellae zu den C.p.-Graden

Wir faßten zugunsten der Übersichtlichkeit bei Bestimmung der Lokalisation chondromalazischer Veränderungen, den Grad 0 und 1 sowie Grad 2 und 3 zusammen. Es zeigte sich nachstehende Zuordnung der Knorpelschäden zu den entsprechenden Feldern:

Grad der C.p. / Feld-Nr.	0 und 1	2 und 3
1	13	7
2	7	13
3	11	9
4	10	10
5	5	15
6	10	10
7	8	12

Tab. III: Lokalisation der Knorpelveränderungen

Die Felder 1, 3, 4 und 6 wiesen die geringsten chondromalazischen Veränderungen auf. Die am meisten von Knorpelschäden betroffenen Regionen, in der Reihenfolge der Schweregrade, waren die Felder 5, 2 und 7.

Einen isolierten Befall der medialen Facette fanden wir in keinem Fall, wenn auch fünfmal überwiegend die mediale Seite von schweren Knorpelläsionen betroffen war.

Insgesamt fanden wir eine deutlich zentrale Lokalisation der Schäden (Felder 5 und 2) mit Einbeziehung des Firstes.

3. Retropatellare Kongruenz und Lokalisation der C.p.

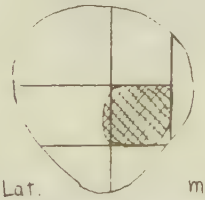
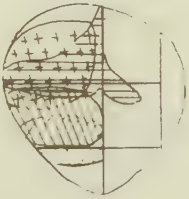
Nach der unter Punkt 2.3 im Zweiten Teil beschriebenen Methode ercierten wir nachstehende Ergebnisse. Hierbei gelten folgende Symbole:

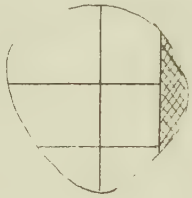
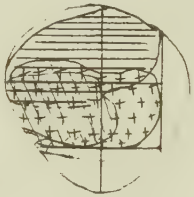
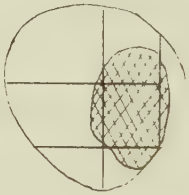
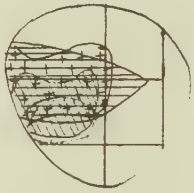
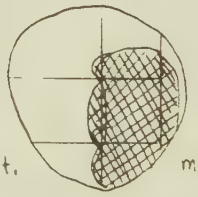
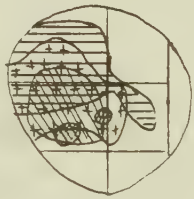
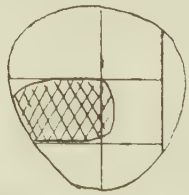
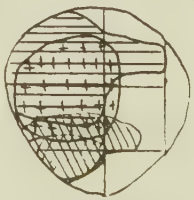
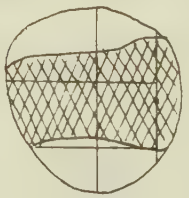
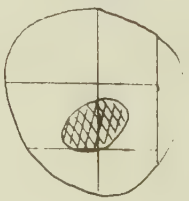
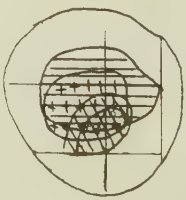
a.) Kontaktzone bei 30° Beugung

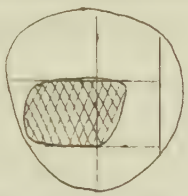
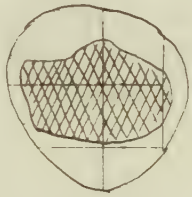
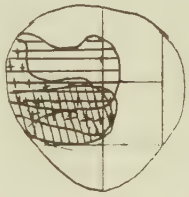
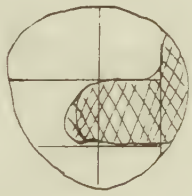
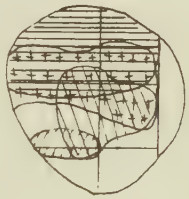
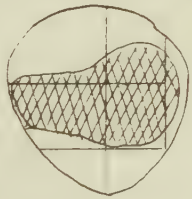
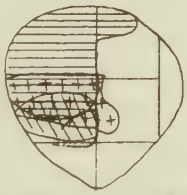
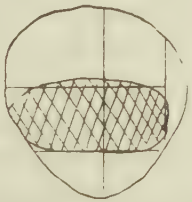
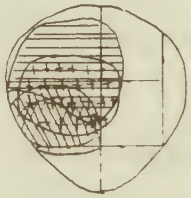
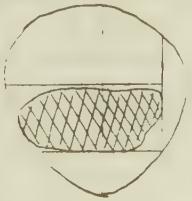
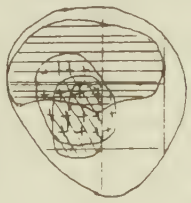
b.) Kontaktzone bei 60° Beugung

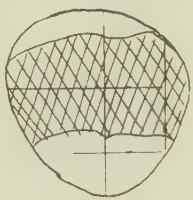
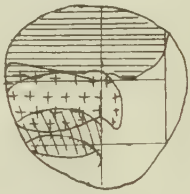
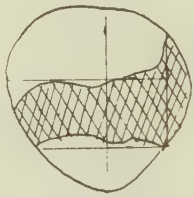
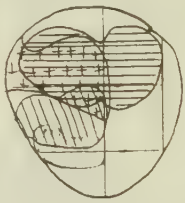
c.) Kontaktzone bei 90° Beugung

d.) Kontaktzone bei 120° Beugung.

Gelenk-Nr.	Grad der C.p.	Lokalisation der C.p.	Gesamtfläche des Kontaktes
2	II		

Nr.	C.p.-Grad	C.p.-Lokalisation	Gesamtkontakt
9	II		
15	III		
16	III		
7	II		
8	II		
12	III		

Nr.	C.p.-Grad	C.p.-Lokalisation	Gesamtkontakt
19	II		
5	II		
1	III		
6	II		
10	III		
11	III		

Gelenk-Nr.	Grad der C.p.	Lokalisation der C.p.	Gesamtkontakt
17	II		
18	II		

Es fand sich in 50 % der untersuchten Gelenke mit chondromalazischen Veränderungen Grad II/III eine sowohl die laterale wie mediale Facette betreffende C.p. bei lateral ausgerichteter Kongruenz.

In den Gelenken 2, 15 und 16 sahen wir in allen Funktionsgraden einen deutlich lateral lokalisierten Kontakt bei medialer C.p. mit nur geringfügig über den First hinaus in Feld 2 hineinreichender Chondromalazie.

Viermal befand sich die C.p. genau in den Kontaktzonen mit dem flächenmäßig größten Anteil zwischen 60^{c} und 90^{o} Beugung. In Gelenk 12 war die Lokalisation der Chondromalazie deckungsgleich mit der Kongruenzzone bei 60^{c} Flexion.

Mit einer Ausnahme(Gelenk 9) befand sich die C.p. überwiegend im mittleren Drittel der retropatellaren Fläche bei hauptsächlich lateral ausgerichteter Kongruenz.

4. Röntgenologische Untersuchungen

4.1 Patellaformen und C.p.

Die Häufigkeitsverteilung der Patellaformen ergab 10 % Typ I, 30 % Typ II, 20 % Typ II-III, 35 % Typ III, 5 % Typ IV. Davon zeigten Patellatypen des höheren Wiberg/Baumgartl-Typs mehr chondromalazische Veränderungen, mit Ausnahme der Kniescheiben des Typs I, die beide schwerste Knorpeldegenerationen aufwiesen.

Es ergab sich insgesamt folgende Verteilung:

Patella-Typ	Häufigkeit		Grad der C.p.			
	absolut	%	0	1	2	3
I	2	10	-	-	-	2
II	6	30	-	3	2	1
II - III	4	20	2	-	1	1
III	7	35	-	-	5	2
IV	1	5	-	-	1	-

Tab. IV : Patellatypen und C.p.

4.2 Patellaformen und Kongruenz

Für die Wiberg-Baumgartl-Typen I, III und IV fanden wir in allen Funktionsgraden eine überwiegend auf die laterale Facette lokalisierte Kongruenz.

Die Patellaform Typ II zeigte bei 30° und 60° Beugung eine mehr laterale, ab 90° eine relativ ausgeglichene mediale und laterale Kontaktbeteiligung.

Nur für den Typ II-III konnten wir eine ausgewogenere Beteiligung beider Seiten in allen Funktionsgraden beobachten.

Zur nachfolgenden Übersicht gelten folgende Symbole:

x = Kongruenz auf die laterale Facette begrenzt
xx = Kongruenz mehr als 2/3 lateral
xo = Kongruenz medial und lateral ausgewogen.

Patella-Typ	Seiten-Nr.	Retropatellare Kongruenz			
		30°	60°	90°	120°
I	10	x	x	xx	xx
	11	x	x	xx	xo
II	5	x	xx	xx	xx
	9	xo	xx	xo	xo
	12	xx	xx	xx	xo
	13	x	x	xo	xo
	14	x	xx	x	xo
	20	x	x	xx	xx
II - III	1	x	xo	xo	xo
	3	xo	xo	xo	xo
	4	xo	xx	xx	xx
	8	xo	xo	xo	xo
III	6	x	x	xx	xx
	7	x	xx	xx	xx
	15	x	x	xx	xx
	16	x	x	xx	xx
	17	x	x	xx	xo
	18	x	x	x	xo
	19	x	x	x	xx
IV	2	x	x	x	xx

Tab. V: Kongruenz in den verschiedenen Patella-Typen

4.3 Patellaindex und -tiefenindex

Die nach Ficat ermittelten Indices sollten im Hinblick auf ihren diagnostischen Gewinn überprüft werden, daher wurden sie im Zusammenhang mit den Chondromalazie-Graden bewertet.

Grad der C.p.	Frap Nr.	PJ	PTJ
0 und 1	3	1,5	4,0
	4	1,7	3,5
	13	1,7	4,8
	14	1,4	4,1
	20	1,3	4,1
2	2	1,6	4,6
	5	1,3	5,6
	6	1,4	4,0
	7	1,3	3,2
	8	1,3	4,5
	9	1,3	4,4
	17	1,6	3,9
	18	1,4	4,8
	19	1,3	4,6
3	1	1,3	4,2
	10	1,1	5,1
	11	1,1	5,2
	12	1,2	4,4
	15	1,3	5,7
	16	1,2	6,0

Tab. VI: Patellaindex und -tiefenindex im Vergleich mit dem Grad der C.p.

Ficat et al (15) geben den Durchschnittswert des PTI mit 3,9 an. Die Schwankungsbreite liegt bei 3,6 - 4,2. Hierbei gilt, je geringer dieser Wert ist, desto größer bzw. tiefer ist der First.

Für unsere Untersuchungen ergab sich im Mittel ein PTI von 4,4. Im Vergleich mit dem Grad der C.p. ergibt sich für Grad 0 und 1 ein Durchschnittswert von 4,1, für Grad 2 von 4,4 und für C.p.- Grad 3 von 5,1.

Der Patellaindex nimmt geringfügig mit steigenden Chondromalaziegraden ab, jedoch liegen die Werte zu nah beieinander, um hier eine Abhängigkeit ableiten zu können.

5. Untersuchungen am Gleitlager

5.1 Knorpelveränderungen und ihre Lokalisation

Die Inspektionsbefunde des Femurs ergaben neunmal keine oder Veränderungen 1. Grades. In sechs Fällen fanden wir Chondromalazie 2. Grades und in fünf 3. Grades. Hier waren hauptsächlich die Fossa intercondylaris und die mediale Facette der Trochlea betroffen. Präparat 17 zeigte am und unterhalb des proximalen Randwulstes Chondromalazie 3. Grades. Zwischen Auftreten einer C.p. und Schäden am femoralen Gleitlager bestand insofern ein Zusammenhang als bei schweren Veränderungen des retropatellaren Knorpels auch häufiger Läsionen an den Condylen, besonders am medialen Condylus und in der Gleitrinne angetroffen wurden.

Zusammenfassend ergab sich nachstehendes Bild:

	Chondromalaziegrade des patellaren Gleitlagers			Grad der C.p.
	0 und 1	2	3	
Anzahl der Gelenke	5	–	–	0 und 1
	3	3	3	2
	1	3	2	3

Tab. VII: Chondromalazie des patellaren Gleitlagers in Relation zur C.p.

5.2 Öffnungswinkel der Condylen

Unsere Messungen ergaben Condylen-Öffnungswinkel von 122° bis maximal 145°. Wir konnten für alle Gelenke mit C.p. 3. Grades Öffnungswinkel von ≥ 140° feststellen. (Normalwerte siehe Zweiter Teil P. 3.2)

Obwohl nur sechs Präparate Knorpelveränderungen 3. Grades aufwiesen, scheint ein Zusammenhang zwischen großen Öffnungswinkeln und schweren chondromalazischen Läsionen wahrscheinlich. Insgesamt fanden wir:

Gelenk-Nr.	Öffnungswinkel ∇	Grad der C.p.
3	135	0 und 1
4	139	
13	138	
14	138	
20	132	
2	131	2
5	126	
6	122	
7	140	
8	138	
9	130	
17	133	
18	138	
19	142	
1	144	3
10	140	
11	141	
12	146	
15	140	
16	143	

Tab. VIII: Condylenöffnungswinkel im Vergleich mit dem Grad der C.p.

5.3 Gleitweg der Patella

Zwei der von uns untersuchten Gelenke (Nr. 6 und 18) zeigten bei zunehmender Beugung eine deutliche Einstellung der Apex patellae nach lateral.

Bei Präparat fünf war zunächst ein kontinuierliches Abweichen der Kniescheibe nach lateral zu verzeichnen, jedoch ab 90° Beugung verringerte sich der Abstand zur Fossa intercondylaris wieder um 0,3 cm; bei 120° um 0,4 cm.

An Gelenk neunzehn konnten wir beobachten, daß sich die Patellaspitze bei 30° um 0,1 cm nach medial verschob, bei den folgenden Funktionsgraden stellte sie sich wieder nach lateral ein. Der Abstand der Apex patellae zur Trochleakante betrug bei 30° durchschnittlich 0,8 cm, bei 60° 2 cm, bei 90° 3,7 cm und bei 120° 4,5 cm. Zusammenfassend ergab sich folgendes Bild:

Prap - Nr.	Beugegrade	Abstand der Apex patellae zur Incisura intercondylaris in cm	Abstand der Apex patellae zur Trochleakante in cm
5	30°	0,5	0,4
	60°	1,3	1,2
	90°	1,0	3,4
	120°	0,9	4,3
6	30°	0,7	1,0
	60°	0,9	2,0
	90°	1,2	3,2
	120°	1,3	3,9
18	30°	0,0	0,8
	60°	0,5	2,8
	90°	1,0	4,0
	120°	1,2	5,1
19	30°	0,1	0,6
	60°	0,1	2,0
	90°	1,0	3,5
	120°	1,2	4,4
20	30°	0,0	1,2
	60°	0,7	2,0
	90°	0,7	4,5
	120°	0,5	5,1

Tab. IX: Stand der Apex patellae bei den Beugegraden 30°, 60°, 90° u. 120°

Für die Gelenke Nr. 6, 18 und 19 ergaben sich ähnlich konfigurierte Abweichungen der Apex patellae.
Ebenso waren in den Präparaten 5 und 20 vergleichbare Richtungsänderungen der Patellaspitze zu sehen.
Zur Verdeutlichung dient nachstehende Abbildung, wobei der Stand der Patellaspitze in den einzelnen Funktionsgraden jeweils durch Punkte markiert ist.

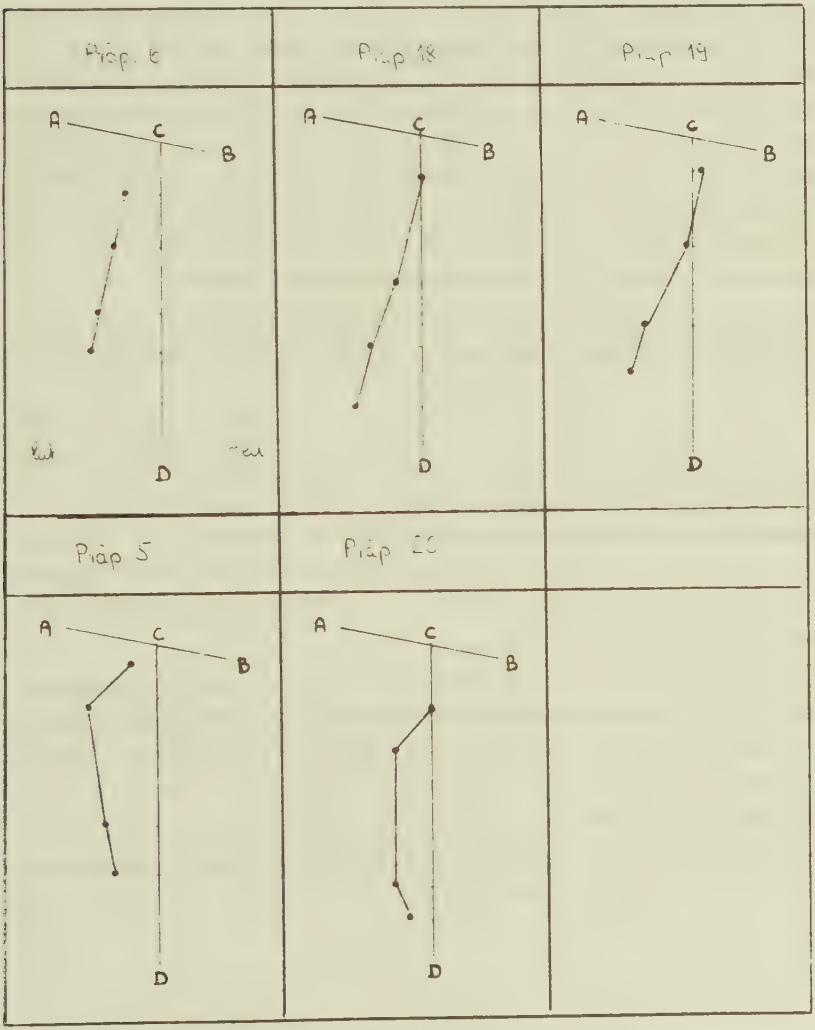


Abb. 11: Stand der Apex patellae bei Beugung des Kniegelenks von 30°, 60°, 90° und 120° in Beziehung zur Trochleakante $\overline{AB}$ und zur Incisura intercondylaris $\overline{CD}$

II. Ergebnisdiskussion

1. Die Kongruenz der Patella

Goodfellow et al (18) fanden mittels der "dye technique" bei zunehmender Beugung des Knies ein sich aufwärts über die Patellarückseite bewegendes Kontaktband.
Bei 90° erreichte der Kontakt die oberen beiden Drittel der Felder 3 und 5. Auffallend war, daß erst bei 135° Beugung der äußere mediale Rand (Feld 7) erreicht wurde. Darüber hinaus teilte sich bei diesem Funktionsgrad das Kontaktband in eine separate mediale und laterale Zone, wobei die mediale Zone mehr oder weniger exakt der sogenannten "odd facet" entsprach.
Die Autoren beobachteten ein signifikant häufigeres Vorkommen von Knorpelveränderung der zusätzlichen medialen Facette.

Diese Beobachtungen konnten wir nicht bestätigen; zumindest was die schweren Knorpelveränderungen betrafen, die wir häufiger an anderer Stelle lokalisiert fanden.

Etwa ähnliche Ergebnisse wie Goodfellow et al erzielten Ficat und Hungerford, wobei sie sich der gleichen Technik bedienten (15). Auch sie konnten bei Beugungen von 135° einen kompletten Nichtkontakt der eigentlichen medialen Facette feststellen. Stattdessen kontaktierte die "odd facet", und zwar mit dem Teil des medialen Condylus, der bei Extension mit der medialen Tibiaoberfläche kongruent ist.

Shoji (33) fand unter Anwendung der "casting method" die Lokalisation der kongruenten Zonen schon bei 30° Beugung in der proximalen Hälfte der Patellarückseite, wobei er in den einzelnen Funktionsgraden bezüglich der Lage der Kontaktzonen nur eine relativ geringe Aufwärtsbewegung beobachtete.

Im Gegensatz hierzu fanden wir bei zunehmender Beugung eine kontinuierliche Aufwärtsbewegung der Kontaktfläche.

Utheza und Puget (34), die besonders das Verhalten der medialen Facette bei Beugung beschrieben, teilten diese in mehrere Teilfacetten ein, jeweils durch Firste getrennt.

Sie postulierten einen sukzessiven Kontakt der medialen Facette in jedem Funktionsgrad, bewirkt durch eine interne Rotation der Patella.

Diese Rotation, durch einen Seitenzug des musculus vastus internus verursacht, sei für eine gute Kongruenz jeder der medialen Teilfacetten in den einzelnen Beugestellungen des Kniegelenkes notwendig.

Nach Auffassung Utheza's et al ist die innere Seite der Kniescheibe nicht global als eine "facette d' hypopression" anzusehen, sondern als Zone in der ein Kontakt über Teilfacetten abläuft.

Unsere Untersuchungen ergaben, daß sich bei 30° und auch noch bei 60° Beugung die Kongruenz vorwiegend auf der lateralen Facette abspielt, wenn auch bei 30° in drei und bei 60° in vier Fällen eine anteilmäßig etwa gleichgroße Einbeziehung der medialen Seite gegeben war.

Erst ab 90° beobachteten wir ein sich nach proximal verschiebendes Kontaktband mit zunehmender Beteiligung der medialen Facette.

Bei 120° war eine deutlich bandförmige relativ großflächige Kongruenz, überwiegend in den Feldern 3 und 6 sowie teilweise in den oberen Dritteln der Felder 2 und 5, zu sehen.

Ab 90° Flexion entsprachen unsere Ergebnisse in etwa denen von Ficat und Hungerford (15). Jedoch stellten wir insgesamt eine geringfügigere Beteiligung der medialen Facette fest.

Auch fanden wir nicht wie Ficat et al bei 120° Beugung eine mehr oder weniger Einbeziehung der "odd facet". In unseren Untersuchungen konnte nur einmal eine geringfügige Kontaktbeteiligung dieser zusätzlichen Facette dokumentiert werden.

Bezüglich der Flächenausdehnung gibt Wiberg (35) eine kontinuierliche Abnahme bei zunehmenden Beugegraden an, wobei sich die Kniescheibe ab 70° nur noch relativ geringfügig mit der medialen und lateralen Facette abstützt.

Bandi (1) beschreibt einen Versuch von Goymann und Müller, die an drei Kniegelenken eine Abnahme der patellaren Berührungsfläche von durchschnittlich 397 mm^2 bei 60° auf 96 mm^2 bei 135° beobachteten. Er selbst fand bei sukzessiver Flexion eine Abnahme der Kontaktflächen zwischen Patella und Femurcondylen, wobei die Fossa intercondylaris ab 90° Beugung überbrückt wurde. Wie groß die absolute Abnahme, ausgedrückt in Flächeneinheiten war, gibt er allerdings nicht an.

Shoji (33) verzeichnete die größten Kontaktareale auf der lateralen Facette bei voller Extension, auf der medialen bei 90° Beugung; insgesamt aber waren die Kongruenzen bei Flexionen von 30° und 60° am ausgeprägtesten. Der totale Kontakt, wobei er die Flächen der einzelnen Funktionsgrade übereinanderprojizierte, lag bei Werten von 276 $\pm$ 25 mm^2 in normalen und 281 $\pm$ 33 mm^2 in chondromalazisch veränderten Kniegelenken. Auch hier fehlt die Angabe der jeweiligen Flächen in den verschiedenen Beugegraden.

Goymann et al (20) fanden bei höheren Beugegraden eine korrespondierende Aufspaltung und Verkleinerung der Kontaktfläche, bewirkt durch zunehmende Einbeziehung der Quadrizepssehne in die Kraftableitung auf die Condylenrollen bei gleichzeitigem Tiefertreten der Kniescheibe in die Fossa intercondylica.

Goodfellow et al (18) beobachteten bei Zunahme der Flexion nicht nur die bereits erwähnte Aufwärtsbewegung des Kontaktbandes, sondern auch eine kontinuierliche Verbreiterung, also eine Flächenvergrößerung. Sie erklären die Ausdehnung des patello-femoralen Kontaktes mit der Zunahme der Kraftkomponente des Muskulus quadriceps. Denn ab 45° Beugung sei ausschließlich die patella in Kon-

takt mit der Gelenkoberfläche des Femurs, d.h. auf die relativ limitierte Fläche der Kniescheibe werde die gesamte Kraft des Quadrizepsmuskels übertragen mit entsprechender Druckerhöhung bei zunehmender Beugung des Gelenkes.

Ob ab 45° Beugung ausschließlich die Patella für die Druckableitung sorgt oder ob die Quadrizepssehne einen Teildruck auf die Condylenrollen überträgt, konnten wir aufgrund der Zielsetzung unserer Arbeit nicht überprüfen.

Wir fanden in den 20 untersuchten Gelenken siebzehnmal das von Goodfellow et al beschriebene Phänomen der kontinuierlichen Vergrößerung der retropatellaren Kontaktfläche bei anwachsender Beugung im Kniegelenk.

In drei Präparaten sahen wir von 90° bis 120° Beugung eine durchschnittliche Abnahme der Fläche von 40 mm^2. (Nr. 1, 8 und 10)

Die Größe der Kontaktzone betrug bei 30° Beugung im Mittel 7,9 % der retropatellaren Gesamtfläche, bei 60° 23,6 %, bei 90° 32,7 % und bei 120° 40,5 %.

Zwischen Größe der Kontaktareale und dem Auftreten einer C.p. konnten wir keine bedeutsame Abhängigkeit konstatieren.

2. Beziehung zwischen Kongruenz, Patellaformen und C.p.

Die überdurchschnittlich häufig gefundene Lateralisierung der Kongruenz mit den sie begleitenden Knorpelschäden, besonders bei konvexer medialer Facette, läßt sich mit dem von Ficat beschriebenen "Syndrom der lateralen Hyperpression" teilweise erklären. Der hierbei eine entscheidende Rolle spielende Effekt des kraftmäßig ohnehin überwiegenden lateralen Muskelzügels wird noch durch Femur- bzw. Patelladysplasien potenziert.

Wir stellten einen Bezug fest, zwischen vorwiegend auf der lateralen Facette lokalisierter Kongruenz, Patellaformen und dem Vorkommen einer C.p..

Zumindestens ergab sich eine eindeutige Abhängigkeit für die Wiberg/Baumgartl-Typen III und IV. Jedes der Gelenke wies chondromalazische Veränderungen Grad 2-3 auf und eine deutlich lateral ausgerichtete Kontaktbeteiligung der Patella.

Für die Patellaformen des Typs II und II/III fanden wir eine bei weitem ausgewogenere Kongruenz mit Einbeziehung beider Facetten. Insgesamt waren zwei von zehn Kniescheiben dieser Formvariante von C.p. 3. Grades betroffen. Auch hier ließ sich eine deutliche Lateralisierung des Kontaktes in allen Funktionsgraden nachweisen.

Trotz unseres relativ geringen Zahlenmaterials sahen wir die von vielen Autoren beobachtete Tendenz des bevorzugten Befalls mit Chondromalazie in dysplastischen Kniegelenken im Sinne Wiberg's/ Baumgartl's.

Hinsichtlich der Lokalisation der chondromalazischen Herde gibt Shoji (33) an, daß sie überwiegend in den Kontaktzonen anzutreffen waren. Er glaubt, die frühen degenerativen Veränderungen des retropatellaren Knorpels beginnen in den Arealen des maximalen Kontaktes. Bei schon bestehender bzw. fortgeschrittener C.p. fand er die Läsionen auch innerhalb der kongruenten Zonen. Shoji zog daraus den Schluß, daß "abnorme, dynamische Mechanismen", ob im Sinne einer Hyperpression zu verstehen bleibt offen, zur C.p. führen.

Wir wiesen sowohl pathologische Veränderungen in den Kontaktzonen als auch außerhalb nach.
Nur in einem Fall fiel die Lokalisation der Knorpelerkrankung genau mit der Kongruenz bei 60° Beugung zusammen, und zwar in Gelenk Nr. 10.

Überdurchschnittlich häufig zeigten sich bei hauptsächlich lateral lokalisierter Kongruenz Schäden sowohl auf der medialen wie auf der lateralen Facette, wobei die Felder 2 und 5 bevorzugt befallen waren.

In drei Fällen betrafen die schweren chondromalazischen Schäden vorwiegend die mediale Facette bei gleichzeitig dominierender Kontaktbeteiligung der lateralen Facette in allen Funktionsgraden.

Die von uns gefundenen Resultate sprechen am ehesten für die von Ficat et al (14,15) angenommene relative Hyperpression der lateralen und relative Hypopression der medialen Facette mit den für das Entstehen einer C.p. prädisponierenden kritischen Zonen beiderseits des Firstes mit Einbeziehung desselben. Ob tatsächlich eine C.p. entsteht, hängt sicher nicht zuletzt von zusätzlich druckbelastenden Faktoren ab wie sie z.B. bei femoropatellaren Dysplasien bestehen.

3. Weitere Ergebnisse

3.1 Patellaindex und -tiefenindex

Schuchardt und Klose (32) messen dem von Ficat und Bizou ermittelten Patellaindex eine mehr wissenschaftliche als diagnostische Bedeutung zu.

Auch Grimm (21) kommt zu einem ähnlichen Schluß, er weist darauf hin, daß zwar die Größenverhältnisse der beiden Facetten zueinander, aber nicht die retropatellare Form besonders die der medialen Seite, bestimmt werden könne.

Der bei den gleichen Patellatypen nach Wiberg/Baumgartl teils sehr unterschiedliche Patellaindex ist demnach keine verwertbare diagnostische Hilfe, um das Vorliegen einer C.p. zu verifizieren bzw. falsifizieren.

Auch wir konnten mit unseren Untersuchungen kein anderes Ergebnis erzielen.

Der Patellatiefenindex hat laut Schuchardt et al ebenfalls nur einen geringen diagnostischen Wert.

Wir dagegen fanden eine Korrelation zwischen den Schweregraden einer C.p. und diesem Index, der mit steigendem Chondromalaziegrad im Mittel höhere Werte annahm.

Betrachtet man die einzelnen Ergebnisse, so findet man von den zehn Kniegelenken mit C.p. Grad 2 in drei Fällen und den sechs

Gelenken mit C.p. Grad 3 in einem Fall Werte im Normbereich.

Da aber der Patellatiefenindex Aussagen über die Tiefe der Crista patella erlaubt, könnte ihm, im Zusammenhang mit anderen Parametern wie etwa dem Condylenöffnungswinkel und vor allem auch der klinischen Symptomatik durchaus ein diagnostischer Stellenwert zugerechnet werden.

3.2 Untersuchungen am Gleitlager

3.2.1 Lokalisation der Knorpelschäden

Schlenzka et al (31) konnten an 138 Kniegelenken vorwiegend Knorpelveränderungen des medialen Condylus nachweisen, gefolgt von der Patellagleitbahn.

Die Knorpeldefekte wurden ausschließlich in Kniegelenken mit C.p. gefunden. Davon lagen etwa 1/3 der Erweichungsherde in den femoropatellaren Kontaktzonen. Die Entstehung wurde von den Autoren als Folge der Veränderung des Patellaknorpels im Sinne der sogenannten "mirror images" erklärt.

Die von ihnen relativ häufig angetroffenen Schäden außerhalb des femoropatellaren Kontaktfeldes, zeigen die Möglichkeit anderer als mechanischer Ursachen auf.

Knorpelveränderungen des Femurs sahen wir überwiegend auf der medialen Trochleafacette; insgesamt fünfmal Chondromalazie 3. Grades. Davon war die Knorpelläsion einmal am und unterhalb des medialen, proximalen Randwulstes, auch als Outerbridge-ridge (1,15) bekannt, lokalisiert.

In der Häufigkeit der chondromalazischen Schäden folgte nach der medialen Trochleafacette die Fossa intercondylaris.

Degenerationen des Knorpels fanden wir häufiger retropatellar als am patellaren Gleitlager. Bei einer C.p. 2. und 3. Grades zeigten sich nicht auch zwangsläufig entsprechende pathologische Veränderungen der Trochlea und der Femurcondylen.

Die isolierte Chondromalazie der Femurcondylen wie sie Büdinger (6) zweimal bei fünfzenn untersuchten Gelenken beschreibt, konnten wir nicht beobachten.

3.2.2 Condylenöffnungswinkel

Die von Brattström (5) bestimmten Condylenöffnungswinkel in 400 normalen Kniegelenken ergaben Werte zwischen 141 und 143 Grad.

Baumann et al (4) sprechen bei Öffnungswinkel über 145° von einer Dyplasie der distalen Femurcondylen.

Ficat und Hungerford (15), die eigene Messungen durchführten, setzten die untere Grenze des Winkels bei 125 Grad und sahen einen Öffnungswinkel größer 143 Grad als Indikator für eine Dysplasie des Trochleasulcus an. Sie betonen, daß oberhalb des von ihnen gesetzten Limits von 143 Grad, die Frequenz für eine Dislokation der Kniescheibe signifikant ansteigt mit den entsprechenden Folgen für das femoropatellare Gelenk.

Es scheint unmittelbar einleuchtend, daß bei breitem Condylenlager mit resultierender mangelhafter Führung der Kniescheibe, der ohnehin überwiegende laterale Muskelzug stärker zum Tragen kommt. Hierdurch wird ein Verkippen der Patella zur entsprechenden Seite begünstigt mit der möglichen Konsequenz eines lateralen Hyperpressionssyndroms.

Unsere Messungen ergaben durchschnittlich größere Öffnungswinkel für Gelenke mit C.p. 3. Grades.

Insgesamt war nur zweimal die von Ficat et al gesetzte Grenze nach oben überschritten. Beide Gelenke wiesen chondromalazische Veränderungen 3. Grades auf, wobei sich im Präparat Nr. 12, mit einem Condylenöffnungswinkel von 146°, die Knorpelläsionen charakteristischerweise an der, von Ficat als "kritische Zone", bezeichneten Stelle fanden.

3.2.3 Gleitweg der Patella

Die Mehrzahl der Autoren u.a. Bandi (1) schildert den Gleitweg der Patella als einen nach lateral offenen Bogen von etwa 170°.

Auch Kisselbach (26), der sehr ausführlich über die Bedeutung der vasto-adduktorialen Muskelschlinge für die Sicherung der Kniescheibe gegen eine Luxation nach lateral berichtet, beschreibt die Lateralverschiebung der Patella mit zunehmender Beugung.

Betrachtet man daraufhin die anatomischen Gegebenheiten so findet man, daß der Verlauf des Ligamentum patellae von oben - innen nach unten - außen die Sehnenzugrichtung bestimmt. Diese teilt den Quadricepsmuskel in zwei ungleich große Abschnitte.
Medial der Sehnenzugrichtung liegt lediglich ein Teil des Muskulus vastus medialis.
Die Hauptmasse des Muskulus quadriceps hat also eine die Patella zur Außenseite ziehende Komponente.
Die Sicherung der Patella vor einer seitlichen Luxation wird bekanntlich durch die normalerweise bestehende Überhöhung der lateralen Rollenwange der Facies patellaris sowie durch die Retinacula und der vasto-adduktorialen Muskelschlinge gewährleistet (26).

Vom anatomisch-funktionellen Aspekt ist die von Utheza und Puget (34) postulierte "Innenrotation der Patella" bei Beugung des Kniegelenkes nicht ohne weiteres nachzuvollziehen.
Die Autoren stellten die Hypothese auf, daß eine Umdrehung der Kniescheibe nach innen für einen normalen Kontakt mit der Trochlea notwendig sei. Andernfalls entstünden Inkongruenzen, die an den medialen Firsten einen lokalisierten Überdruck verursachten und eine mögliche Quelle für eine Chondromalazie darstellten.

Die offenbar widersprüchlichen Angaben zum Gleitweg der Patella veranlaßten uns, diesen Punkt in unsere Untersuchungen miteinzubeziehen, zumal er im Zusammenhang mit dem Kongruenzverhalten der Kniescheibe dezidiertere Aussagen über mögliche Ursachen einer C.p. erlaubt.

In drei Fällen fanden wir den Abstand der Apex patellae zur Fossa intercondylaris bei zunehmender Beugung vergrößert, wobei sich der Apex nach lateral einstellte.
Bei Präparat 5 lag bis 60° eine Lateralverschiebung der Patellaspitze vor, ab 90° bewegte sie sich wieder auf die Incisura intercondylaris zu.
In Gelenk 20 zeigte der Apex patellae ein ähnliches Verhalten, nur hier lag die Spitze bei 60° und 90° genau übereinander.

Bemerkenswert scheint uns, daß die zuletzt besprochenen Gelenke beide Patellaformen des Wiberg/Baumgartl-Typ II aufwiesen, wohingegen die übrigen Kniegelenke die Formvarianten Typ III zeigten.

Ob zwischen Ausrichtung der Apex patellae bei Beugung und den Patellatypen ein Zusammenhang besteht, darüber kann mit unseren Ergebnissen naturgemäß keine Aussage getroffen werden.
Immerhin scheint eine Abhängigkeit möglich, was durch weitere Untersuchungen zu verifizieren oder zu falsifizieren wäre.

Die zweimal ab 60° Flexion gefundene Richtungsänderung der Patella könnte Ausdruck für die von Kisselbach angenommene Vermehrung der nach medial wirksamen Muskelfasern sein, die bei fortschreitender Beugung durch Verlagerung der Sehnenzugrichtung im Zusammenhang u.a. mit Änderung der Faserlänge resultiert.

Die von Utheza et al postulierte interne Rotation der Kniescheibe um eine fiktive anterior-posteriore Achse konnten wir nicht nachweisen.

Zusammenfassung

Im folgenden sind die wichtigsten Ergebnisse der einzelnen Abschnitte in knapper Form zusammengefaßt.

Die Studie über die Kongruenz im femoro-patellaren Gelenk zeigte bei 30° und 60° einen überwiegend auf die laterale Facette begrenzten Kontakt.

Ab 90° wurde die mediale Facette vermehrt in das Kontaktgeschehen einbezogen. Bei 120° Beugung fand sich siebenmal in den zwanzig untersuchten Gelenken eine etwa gleichgroße Kongruenz auf der medialen wie auf der lateralen Facette.

Die Lokalisation des Kontaktes lag bei 30° meistens in der unteren Hälfte des Feldes 2 unter teilweiser Einbeziehung des Feldes 1. In den folgenden Funktionsgraden bewegte sich die Kongruenzzone zunehmend nach proximal.

Zwischen Größe der kongruenten Flächen und Ausmaß der C.p. fanden wir keine Abhängigkeit.

Die schwersten Knorpelschäden sahen wir in den Feldern 5, 2 und 7. Einen isolierten Befall der medialen Facette konnten wir nicht nachweisen, wenn sie auch dreimal vorwiegend betroffen war.

Die höheren Wiberg/Baumgartl-Typen waren häufiger von chondromalazischen Läsionen schwereren Ausmaßes betroffen.

Ein Zusammenhang zwischen Patellaformen und Kongruenz ergab sich insofern, als die Patellatypen III und IV in allen Funktionsgraden und der Typ II bis 60° Beugung eine deutliche Lateralisierung des Kontaktes aufwiesen.
Nur die Formvarianten II-III fielen durch eine ausgewogenere Beteiligung beider Facetten am Kongruenzgeschehen auf.

Pathologische Veränderungen im Sinne einer C.p. fanden wir sowohl in den Kontaktzonen als auch außerhalb. In etwa 50 % der Fälle sahen wir bei vorwiegend auf der lateralen Facette begrenzter Kongruenz eine C.p. beiderseits des Firstes, wobei die chondromalazischen Herde hauptsächlich in den Feldern 2 und 5 lagen.

Es ergab sich keine Abhängigkeit für den Patellaindex und den C.p.-Graden, dagegen wurden die Werte für den Patellatiefenindex mit steigenden C.p.-Grad größer.

Die Untersuchungen am Femur zeigten, daß die Knorpelveränderungen an erster Stelle die mediale Trochleafacette betrafen, an zweiter Stelle die Fossa intercondylaris.

Interdependenzen zwischen Auftreten einer C.p. und Chondromalazie des femoralen Gleitlagers bestanden bedingt, und zwar war eine C.p. 3. Grades meistens auch mit Läsionen des Femurs vergesellschaftet.

Die Messungen der Condylen-Öffnungswinkel zeigten im Mittel höhere Werte bei C.p. 2. und 3. Grades.

Die Untersuchung des Gleitweges der Patella ergab dreimal bei zunehmender Beugung ein Abweichen der Apex nach lateral.
In zwei Gelenken stellte sich die Patellaspitze bis 60° nach lateral ein. Ab 90° bewegte sie sich wieder auf die Fossa intercondylaris zu.

Eine "interne Rotation" der Kniescheibe bei Beugung konnten wir nicht nachweisen.

LITERATURVERZEICHNIS

1. Bandi, W.: Die retropatellaren Kniegelenkschäden, Pathomechanik und Pathologische Anatomie, Klinik und Therapie, Bern 1977

2) Bandi, W.: Vorverlagerung der Tuberositas tibiae bei Chondromalacia patellae und femoro-patellarer Arthrose, in: Hefte zur Unfallheilkunde, H. 127, 1976, S. 175-178

3) Baumgartl, F.: Das Kniegelenk, Erkrankungen, Verletzungen und ihre Behandlung mit Hinweisen für die Begutachtung, Berlin, Göttingen, Heidelberg 1964

4) Baumann, D., Leichs, L.: Retinaculumspaltung (Indikation), Technik, Ergebnisse), in: Hefte zur Unfallheilkunde, H. 127, S. 170

5) Brattström, H.: Shape of the Intercondylar Groove Normally and Recurrent Dislocation of the Patella, in: Acta Orthop. Scand., Suppl. 68, 1964 S. 134-148

6) Büdinger, K.: Über die Ablösung von Gelenkteilen und verwandte Prozesse, in: Dtsch. Z. Chir. 84, 1906, S. 311

7) Büdinger, K.: Über traumatische Knorpelrisse im Kniegelenk, in: Dtsch. Z. Chir., 91, 1908, S. 510

8) Cotta, H., Puhl, W.: Pathophysiologie des Knorpelschadens, in: Hefte zur Unfallheilkunde, H. 127, 1976, S. 7

9) Debrunner, H.U.: Gelenkmessung, Neutral-O-Methode, AO-Bulletin, Bern 1971

10) Despontin, J., Bailleux, J.C.: Hollaert, G. Réflexions sur le diagnostic et le traitement chirurgical de la chondromalacie rotulienne, in: Acta Orthop. Belgica, Vol. 44, Bruxelles 1978, S. 78

11) Dick, W., Henche, H.R.: Morscher, E. Die Rolle der medialen Hypopression für die Chondropathieentstehung und Langzeitergebnisse der Ronx-Operation, in: Orthop. Praxis, H. 7, 1980, S. 593

12) Dürrschmidt, V.: Ergebnisse der Tuberositastibiae-Ventralisation bei femuropathellarer Präarthrose und Arthrose, in: Beitr. Orthop. w. Traumatolog. 25, H. 4, 1978, S. 218

13) Ficat, P., Bizou, H.: Luxations récidivantes de la rotule, Rev. Orthop. Nr. 53, 1967, S. 721

14) Ficat, P., Ficat, C.: Syndrome d' hyperpression de la rotule, in: Rev. Cir. Orthop. 61, 1975, S. 539-559

15) Ficat, P.R., Hungerford, D.S.: Disorders of the Patello-femoral Joint, Paris, New York, Barcelona, Milan 1977

16) Ficat, P.: Le syndrome d' hyperpression externe de la rotule, in: Acta Orthop. Belgica, Vol. 44, Bruxelles 1978, S. 69 f

17) Fründ, H.: Traumatische Chondropathie der Patella, ein selbständiges Krankheitsbild, in: Zentralbl. Chir. Nr. 53, 1926, S. 707

8) Goodfellow, J., Hungerford, D.S.: Zindel, M. Patello-Femoral Joint, Mechanics And Pathology, 1. Functional Anatonmy Of The Patello-Femoral Joint, in: Journal of Bone and Joint Surgery, Vol. 58-B, No 3, 1976, S. 287

9) Goodfellow, J.W., Bullough, P.G.: The pattern of agenig of the articular cartilage of elbow joint, in: J. Bone Joint Surg. 49-B, 1976, S. 175 ff

10) Goymann, V., Thümler, P.: Konermann, H. Der Druck im Gleitweg und seine operative Veränderbarkeit, in: Orthop. Praxis Nr. 7, 1980, S. 578

11) Grimm, H.: Morphologische Untersuchungen der Kniescheibe bei Chondromalazie, in: Orthop. Klin. Univ. Heidelberg 1977

12) Grueter, H.: Untersuchungen zum Patellohinterwandschaden, in: Zeit. Orthop. 91, 1959, S. 486

13) Hall, M.C.: Cartilage Changes after Experimental Relief of Contact in the Knee Joint of the mature Rat, in: Clinical Orthop. an Related Research, Nr. 64, 1969, S. 64 ff

14) Harrison, M.H., Schajowicz, F.: Trueta, J. Ostheoarthritis of the hip, in: J. Bone Joint Surg. 35-B, 1953, S. 598 ff

15) Henche, R.: Abrasio patellae (Indikation, Technik, Ergebnisse), in: Hefte zur Unfallheilkunde 127, Berlin, Heidelberg, New York 1976, S. 156

26) Kisselbach, A.: Die Seitenzugkomponente des M. quadriceps und ihre Bedeutung für die Patella bei gestrecktem und bei gebeugtem Kniegelenk, Morph. Jahrb., Bd. 94, 1954

27) Mathias, H.H., Glupe, J.: Immobilisation und Druckbelastung in ihrer Wirkung auf Gelenke, Arch. Orthop. Unf.chir. 60, 1966, S. 380

28) Maquet, P.: Bioméchanique de e' articulation patello-femorale, in: Acta Orthop. Belgica, Vol. 44, Bruxelles 1978, S. 41 u. 46 ff

29) Mutschler, W.: Der retropatellare Knorpelschaden, Pathophysiologie, Diagnose und Therapie, in: Zeit. f. Allgem. Med., H. 34, 55 Jg., Stuttgart 1979, S. 1977

30) Refior, H.J., Hackenbroch, M.H. jun: Die Reaktion des hyalinen Gelenkknorpels unter Druck, Immobilisation und Distraktion, in: Hefte zur Unfallheilkunde, Nr. 127, Berlin, Heidelberg, New York 1976, S. 29 ff

31) Schlenzka, D., Schwesinger, G., Plewka, F.: Zur Chondropathia patellae, in: Beitr. Orthop. u. Traumatol. 25, H. 10, 1978, S. 563

32) Schuchardt, E., Klose, H.-H.: Die Röntgendiagnostik der Chondropathia patellae und des lateralen Hyperpressions-Syndroms, in: Orthop. Praxis Nr. 10, 1979, S. 816

33) Shoji, H.: A Study of the Patellofemoral Contact zones in Human Knees Its Significance to the Pathogenesis of Chondromalacia Patellae, in: Jap. Orthop. Ass. Nr. 48, 1974, S. 86 f

34) Uthéza, G., Puget, J.: Congruence Fémoro-Patellaire Introduction à l'étude de la Chondromalacie rotulienne 1re partie: etude experimentale, in: Rev. Med., Toulouse 1976, S. 365 f

35) Wiberg, G.: Roentgenographic and anatomic studies on the femoro-patellar joint. With special reference to chondromalacia patellae, in: Acta Orthop. Scand., 12, 1941, S. 319-410

INHALTSVERZEICHNIS

Seite

Einführung

I. Problemstellung 1

II. Gang der Untersuchung 2

Erster Teil

Theoretische Grundlegung 3

I. Anatomie und Funktion der Patella 3

II. Das Krankheitsbild der Chondromalacia patellae 6

1. Begriffsbestimmung 6

2. Morphologie und Ätiologie 6

3. Klinische Symptomatik 9

4. Bemerkungen zur Kongruenz 10

Zweiter Teil

Material und Methode 11

I. Material 11

II. Methode 12

1. Vorgehensweise bei der Darstellung der Kongruenz im femoro-patellaren Gelenk 12

2. Untersuchungen an der Patella 12

2.1 Beurteilung der Lokalisation und des Grades der C.p. 12

2.2 Berechnung der retropatellaren Kontaktflächen 13

2.3 Retropatellare Kongruenz und Lokalisation der C.p. 14

2.4 Röntgenologische Untersuchungen an der Patella 14

2.4.1 Klassifikation nach Wiberg/Baumgartl 14

2.4.2 Patellaindex und -tiefenindex 14

Seite

3. Untersuchungen am Gleitlager 15
3.1 Lokalisation und Gradeinteilung der C.p. 15
3.2 Öffnungswinkel nach Brattström 15
3.3 Bestimmung des Gleitweges der Patella 15

Dritter Teil

Ergebnisse und Ergebnisdiskussion 17

I. Ergebnisse 17

1. Kontaktzonen bei den verschiedenen Funktionsgraden 17
1.1 Lokalisation des retropatellaren Kontaktes 17
1.2 Größe der kongruenten Flächen in mm^2 22
2. Knorpelzustand der Patellarückseite und Zuordnung entsprechend der Feldereinteilung nach Grueter 22
3. Retropatellare Kongruenz und Lokalisation der C.p. 25
4. Röntgenologische Untersuchungen 29
4.1 Patellaformen und C.p. 29
4.2 Patellaformen und Kongruenz 30
4.3 Patellaindex und -tiefenindex 31
5. Untersuchungen am Gleitlager 32
5.1 Knorpelveränderungen und ihre Lokalisation 32
5.2 Öffnungswinkel der Condylen 33
5.3 Gleitweg der Patella 34

II. Ergebnisdiskussion 36

1. Die Kongruenz der Patella 36
2. Beziehung zwischen Kongruenz, Patellaformen und C.p. 39
3. Weitere Ergebnisse 41
3.1 Patellaindex und -tiefenindex 41
3.2 Untersuchungen am Gleitlager 42
3.2.1 Lokalisation der Knorpelschäden 42
3.2.2 Condylenöffnungswinkel 43
3.2.3 Gleitweg der Patella 44

Zusammenfassung 46

Für die Überlassung des Themas danke ich
Herrn Professor Dr. med. K.-P. Schulitz.

Für die hilfreichen Anregungen und Hinweise
möchte ich mich besonders bei Herrn Oberarzt
Dr. med. E. Hille, Orthopädische Klinik der
Universität Düsseldorf, bedanken.

Desweiteren gilt mein Dank Herrn Prof. Dr.med.
Rehberg, Bayer-Werke Leverkusen.